

---

---

**Essais au feu — Étalonnage et utilisation  
des appareils de mesure du flux  
thermique —**

Partie 4:

**Lignes directrices pour l'utilisation des  
fluxmètres thermiques dans les essais au  
feu**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

*Fire tests — Calibration of heat flux meters —*

*Part 4: Guidance on the use of heat flux meters in fire tests*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/72c18e52-964b-4c5e-bf8a-4c0052b48def/iso-ts-14934-4-2007>



**PDF – Exonération de responsabilité**

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO/TS 14934-4:2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/72c18e52-964b-4c5e-bf8a-4c0052b48def/iso-ts-14934-4-2007)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/72c18e52-964b-4c5e-bf8a-4c0052b48def/iso-ts-14934-4-2007>

© ISO 2007

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20  
Tel. + 41 22 749 01 11  
Fax. + 41 22 749 09 47  
E-mail [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction .....	v
<b>1</b> <b>Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Termes et définitions</b> .....	<b>2</b>
<b>4</b> <b>Informations générales relatives aux fluxmètres thermiques</b> .....	<b>2</b>
4.1 <b>Généralités</b> .....	<b>2</b>
4.2 <b>Principe de mesurage</b> .....	<b>3</b>
4.3 <b>Conception des fluxmètres thermiques</b> .....	<b>3</b>
4.4 <b>Caractéristiques de mesurage</b> .....	<b>5</b>
4.5 <b>Aspect physique des fluxmètres thermiques</b> .....	<b>8</b>
<b>5</b> <b>Dispositifs fixés aux fluxmètres thermiques</b> .....	<b>9</b>
5.1 <b>Purge d'air</b> .....	<b>9</b>
5.2 <b>Fenêtres</b> .....	<b>10</b>
5.3 <b>Système de refroidissement</b> .....	<b>11</b>
<b>6</b> <b>Choix d'un fluxmètre thermique adapté</b> .....	<b>13</b>
6.1 <b>Généralités</b> .....	<b>13</b>
6.2 <b>Étendue de mesure</b> .....	<b>13</b>
6.3 <b>Type, dimensions et orientation</b> .....	<b>14</b>
6.4 <b>Angle de vue</b> .....	<b>14</b>
6.5 <b>Temps de réponse</b> .....	<b>14</b>
6.6 <b>Sensibilité au transfert thermique convectif</b> .....	<b>14</b>
<b>7</b> <b>Réalisation d'une mesure</b> .....	<b>15</b>
7.1 <b>Installation</b> .....	<b>15</b>
7.2 <b>Surface cible</b> .....	<b>16</b>
7.3 <b>Électronique</b> .....	<b>16</b>
7.4 <b>Relation entre la tension de sortie et le flux thermique total</b> .....	<b>16</b>
<b>8</b> <b>Étalonnage</b> .....	<b>18</b>
8.1 <b>Fluxmètre thermique étalon secondaire</b> .....	<b>18</b>
8.2 <b>Fluxmètres thermiques étalons de travail</b> .....	<b>18</b>
8.3 <b>Fréquence d'étalonnage</b> .....	<b>18</b>
<b>9</b> <b>Maintenance</b> .....	<b>18</b>
9.1 <b>Absorbeur</b> .....	<b>18</b>
9.2 <b>Câblage</b> .....	<b>18</b>
9.3 <b>Alimentation en eau</b> .....	<b>18</b>
<b>10</b> <b>Utilisation des fluxmètres thermiques dans les essais au feu</b> .....	<b>19</b>
10.1 <b>Généralités</b> .....	<b>19</b>
10.2 <b>Essai d'allumabilité (voir l'ISO 5657)</b> .....	<b>19</b>
10.3 <b>Essai de propagation de la flamme (voir l'ISO 5658, toutes les parties)</b> .....	<b>19</b>
10.4 <b>Émission de chaleur, dégagement de fumée et perte de masse (voir l'ISO 5660, toutes les parties et l'ISO 17554)</b> .....	<b>19</b>
10.5 <b>Essai dans une pièce en vraie grandeur pour les produits de surface (voir l'ISO 9705)</b> .....	<b>19</b>
10.6 <b>Essais de façades (voir l'ISO 13785-2)</b> .....	<b>19</b>
10.7 <b>Essai de propagation de la flamme pour les revêtements de sol (voir l'ISO 9239, toutes les parties)</b> .....	<b>20</b>
10.8 <b>Calorimètre à dégagement de chaleur, à échelle intermédiaire (ICAL) (voir l'ISO/TR 14696)</b> .....	<b>20</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>21</b>

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

Dans d'autres circonstances, en particulier lorsqu'il existe une demande urgente du marché, un comité technique peut décider de publier d'autres types de documents normatifs:

Une ISO/PAS ou ISO/TS fait l'objet d'un examen après trois ans afin de décider si elle est confirmée pour trois nouvelles années, révisée pour devenir une Norme internationale, ou annulée. Lorsqu'une ISO/PAS ou ISO/TS a été confirmée, elle fait l'objet d'un nouvel examen après trois ans qui décidera soit de sa transformation en Norme internationale soit de son annulation.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO/TS 14934-4 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 92, *Sécurité au feu*, sous-comité SC 1, *Amorçage et développement du feu*.

L'ISO/TS 14934 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Essais au feu — Étalonnage et utilisation des appareils de mesure du flux thermique*:

- *Partie 1: Principes généraux* [Spécification technique]
- *Partie 2: Méthodes d'étalonnage primaire*
- *Partie 3: Méthode d'étalonnage secondaire*
- *Partie 4: Lignes directrices pour l'utilisation des fluxmètres thermiques dans les essais au feu* [Spécification technique]

## Introduction

Dans la pratique, le flux thermique radiatif est habituellement mesuré au moyen des fluxmètres thermiques totaux du type Schmidt-Boelter (thermopile) ou du type Gardon (feuille). Ces fluxmètres enregistrent le flux thermique combiné par rayonnement et convection par rapport à une surface refroidie. La contribution au transfert thermique par convection dépend principalement de la différence de température entre les gaz environnants et la surface sensible et de la vitesse des gaz environnants. Elle dépendra également de la taille et de la forme du fluxmètre thermique, de son orientation et de sa température qui est proche de la température de l'eau de refroidissement. Dans de nombreuses situations pratiques dans les essais de feu, la contribution de la convection à la surface sensible de l'instrument peut s'élever à 25 % du flux thermique radiatif. Par conséquent, il est toujours nécessaire de déterminer et de contrôler cette composante.

Pour déterminer la fraction du flux thermique total dû au rayonnement, un schéma d'étalonnage a été mis au point dans lequel l'étalonnage primaire est réalisé sur deux types différents de fluxmètres thermiques:

- un radiomètre hémisphérique total, sensible uniquement au rayonnement;
- un fluxmètre thermique total (plus fréquemment utilisé) sensible à la fois au transfert thermique par rayonnement et au transfert thermique par convection.

Concernant l'utilisation des fluxmètres thermiques, il est important de noter que seul le flux thermique radiatif incident peut être mesuré directement. Le flux thermique net radiatif ainsi que le transfert thermique par convection vers un corps dépendent, entre autres, de la température de la surface réceptrice, tandis que l'instrument répond au transfert thermique vers une surface refroidie.

La présente Spécification technique fournit des lignes directrices sur l'utilisation de ce type d'instrument et l'interprétation des résultats.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO/TS 14934-4:2007

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/72c18e52-964b-4c5e-bf8a-4c0052b48def/iso-ts-14934-4-2007>

# Essais au feu — Étalonnage et utilisation des appareils de mesure du flux thermique —

Partie 4:

## Lignes directrices pour l'utilisation des fluxmètres thermiques dans les essais au feu

### 1 Domaine d'application

La présente Spécification technique fournit des lignes directrices sur l'utilisation des fluxmètres thermiques dans les applications d'essai au feu, y compris la description et les principes de fonctionnement des fluxmètres thermiques ordinaires ainsi que les méthodes de sélection et de maintenance. Elle peut également s'appliquer au mesurage du flux thermique de panneaux radiants et autres sources thermiques importantes utilisées pour simuler le flux thermique provenant d'un feu. Elle est applicable à tous les essais ordinaires consistant à mesurer le flux thermique provenant de sources rayonnantes.

La présente Spécification technique fournit également la théorie de base et les principes de fonctionnement des fluxmètres thermiques, ainsi que les méthodes de sélection, d'utilisation et de maintenance de ce type d'instrument. Bien que portant principalement sur l'application des fluxmètres thermiques dans les essais au feu et les travaux expérimentaux de recherche sur le feu, elle peut aussi servir de guide pour d'autres applications de recherche, par exemple sur les chaudières ou les processus de combustion.

Les instruments permettant de mesurer la température transitoire d'un corps solide de masse et de capacité thermique connues pour en déduire le flux thermique (calorimètre de type «slug») ne sont pas couverts par la présente Spécification technique.

### 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 13943:2000, *Sécurité au feu — Vocabulaire*

ISO 14934-2:2006, *Essais au feu — Étalonnage et utilisation des appareils de mesure du flux thermique — Partie 2: Méthodes d'étalonnage primaire*

ISO 14934-3, *Essais au feu — Étalonnage et utilisation des appareils de mesure du flux thermique — Partie 3: Méthode d'étalonnage secondaire*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 14934, les termes et définitions donnés dans l'ISO 13943:2000 et l'ISO 14934-2 s'appliquent.

### 4 Informations générales relatives aux fluxmètres thermiques

#### 4.1 Généralités

Un fluxmètre thermique est un instrument de mesure de la chaleur radiative et convective transférée depuis l'environnement en feu jusqu'à un élément de détection. Dans la pratique, le flux thermique est habituellement mesuré au moyen de fluxmètres thermiques totaux du type Schmidt-Boelter (thermopile) ou du type Gardon (feuille). Bien qu'il existe toute une variété de fluxmètres thermiques, ceux-ci consistent généralement en un capteur à thermopile monté sur un corps métallique refroidi à l'eau. Le corps agit comme un radiateur à température constante. Le capteur à thermopile dispose normalement d'une surface pratiquement noire censée absorber tout le rayonnement incident, ou dont l'émissivité est donnée.

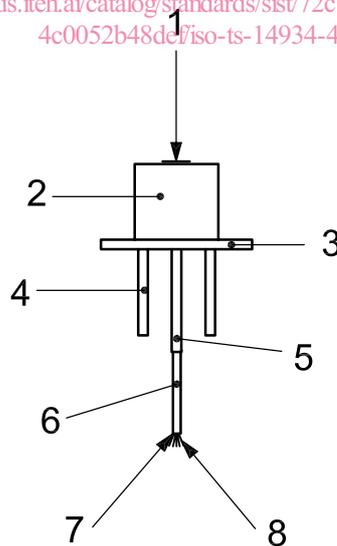
La sensibilité est supposée indépendante de la longueur d'onde sur la plage spectrale des sources rayonnantes. Normalement, les écarts par rapport aux caractéristiques idéales de réponse directionnelle peuvent également être négligés.

En situation normale, le champ de vision est supposé être de 180° et la surface est censée constituer un corps noir parfait, tant du point de vue des caractéristiques spectrales que de celui de la réponse directionnelle.

iTeh STANDARD PREVIEW

Les fluxmètres thermiques se composent généralement d'un absorbeur de flux thermique, d'un corps, d'un système d'eau de refroidissement et d'un système de câblage, comme illustré à la Figure 1. Souvent ils disposent également d'une bride pour les besoins du montage.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/72c18e52-964b-4c5e-bf8a-4c0052b48de/iso-ts-14934-4-2007>



#### Légende

- |                              |                                    |
|------------------------------|------------------------------------|
| 1 absorbeur                  | 5 tube de câblage                  |
| 2 corps                      | 6 câble                            |
| 3 bride                      | 7 signal du fluxmètre thermique    |
| 4 tube d'alimentation en eau | 8 signal du capteur de température |

Figure 1 — Caractéristiques générales des fluxmètres thermiques

La surface sensible doit rester exempte de dépôts de suie ou d'autres particules. Il convient de noter que de la suie peut s'accumuler sur la surface refroidie de la jauge et affecter les résultats.

## 4.2 Principe de mesurage

Le flux thermique incident arrivant sur l'absorbeur crée une différence locale de température. Cette différence est mesurée et résulte en un signal de sortie (tension). Suivant une première approximation, cette tension est linéaire en fonction du flux thermique reçu par le capteur. Dans la plupart des fluxmètres thermiques, la différence de température est mesurée au moyen de thermocouples ou de thermopiles qui sont passifs et ne nécessitent aucune source d'alimentation externe.

Dans une plage de fonctionnement limitée, le rapport entre le flux thermique reçu par le capteur et le signal de sortie peut être supposé linéaire. Il convient cependant de noter que le signal de sortie n'est pas toujours linéaire avec le flux thermique incident (voir 3.4.3).

## 4.3 Conception des fluxmètres thermiques

### 4.3.1 Généralités

Il existe deux types de fluxmètres thermiques largement utilisés dans les essais au feu: les fluxmètres thermiques du type Gardon (feuille) et les fluxmètres thermiques du type Schmidt-Boelter (thermopile).

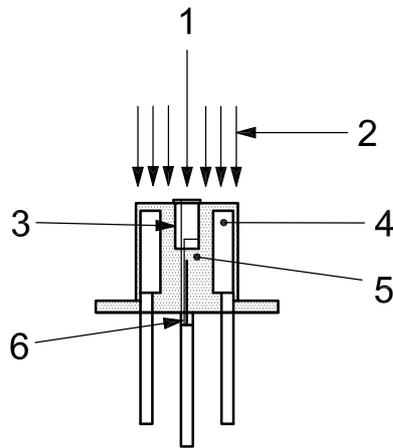
Les fluxmètres thermiques du type Gardon ont une très grande plage de fonctionnement et un temps de réponse très rapide. Toutefois, leur sensibilité est faible, et par conséquent ils ne permettent pas de mesurer les flux thermiques de faible niveau.

Les fluxmètres thermiques du type Schmidt-Boelter sont généralement beaucoup plus sensibles que les jauges Gardon.

Un autre type de fluxmètre thermique sont les radiomètres hémisphériques, sensibles uniquement à l'éclairement énergétique, c'est-à-dire qu'ils ne sont pas sensibles à la température ni à la vitesse des gaz environnants mais permettent d'évaluer la part convective du transfert thermique mesuré par les fluxmètres thermiques totaux.

### 4.3.2 Fluxmètres thermiques du type Gardon

Les fluxmètres thermiques du type Gardon sont munis d'un absorbeur reposant sur un feuille fin. La chaleur absorbée est conduite le long du feuille dans le sens radial vers le corps refroidi à l'eau. La température de l'absorbeur est répartie de façon quasi parabolique. Au centre, la température est élevée et varie selon le flux thermique arrivant sur le capteur, tandis qu'au bord elle est relativement faible et reste à la température constante du corps, c'est-à-dire la température de l'eau de refroidissement. Le profil de température cesse d'être parabolique lorsque le flux transversal convectif est significatif. La différence de température entre le centre et le bord extérieur est mesurée à l'aide d'un thermocouple. Un schéma de fluxmètre thermique du type Gardon est représenté à la Figure 2.



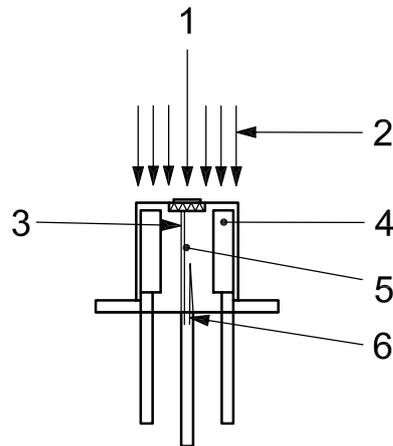
**Légende**

- |   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| 1 | feuil avec absorbeur noir (constantan généralement) | 4 | eau de refroidissement                                |
| 2 | flux thermique incident                             | 5 | fil raccordé au corps (ou au bord extérieur du feuil) |
| 3 | fil raccordé au centre du feuil                     | 6 | thermocouple de mesure de la température du corps     |

**Figure 2 — Fluxmètre thermique du type Gardon**

**4.3.3 Fluxmètres thermiques du type Schmidt-Boelter**

Les fluxmètres thermiques du type Schmidt-Boelter sont munis d'une thermopile relativement épaisse montée sur un radiateur, le corps refroidi à l'eau de la jauge. La chaleur absorbée est conduite dans le radiateur à travers le capteur, perpendiculairement à la surface de l'absorbeur. La température de l'absorbeur est répartie relativement uniformément. La différence de température entre le capteur et le corps est mesurée à l'aide de plusieurs thermocouples montés en série dans la thermopile. Un schéma de fluxmètre thermique du type Schmidt-Boelter est représenté à la Figure 3.



**Légende**

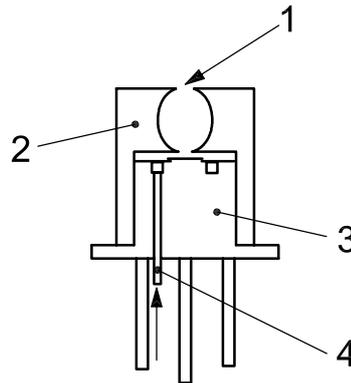
- |   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| 1 | feuil avec absorbeur noir (constantan généralement) | 4 | eau de refroidissement                            |
| 2 | flux thermique incident                             | 5 | fil raccordé au centre de la thermopile           |
| 3 | fil raccordé au centre de la thermopile             | 6 | thermocouple de mesure de la température du corps |

**Figure 3 — Fluxmètre thermique du type Schmidt-Boelter**

#### 4.3.4 Radiomètres hémisphériques

Les radiomètres hémisphériques sont utilisés pour mesurer l'éclairement énergétique. Ils ne sont pas sensibles au transfert thermique convectif, c'est-à-dire à la température et à la vitesse des gaz environnants.

Les radiomètres hémisphériques, comme illustré à la Figure 4, sont réfléchissants à l'intérieur (intérieur doré en général), ce qui permet de réfléchir l'éclairement énergétique vers l'absorbeur qui, par conséquent, ne subit pas l'influence de la convection. Les radiomètres hémisphériques sont souvent utilisés dans les recherches sur le feu et équipés d'un système d'épuration d'air pour éviter que la suie ne s'accumule sur le réflecteur.



#### Légende

- |   |                                    |   |               |
|---|------------------------------------|---|---------------|
| 1 | ouverture                          | 3 | radiateur     |
| 2 | corps avec intérieur réfléchissant | 4 | fil de sortie |

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

**Figure 4 — Radiomètre hémisphérique**

ISO/TS 14934-4:2007

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/72c18e52-964b-4c5e-bf8a-4c0052b48def/iso-ts-14934-4-2007>

### 4.4 Caractéristiques de mesurage

#### 4.4.1 Temps de réponse

La durée de beaucoup d'essais normalisés étant limitée, une réponse rapide est exigée des fluxmètres thermiques. Dans la majorité des cas, une réponse pleine-échelle (99 %) de moins de 10 s est exigée.

En général, dans l'application du temps de réponse au cas d'un fluxmètre thermique avec un corps à température constante est exposé à un niveau d'éclairement énergétique démarrant à  $t = 0$ , le comportement du signal de sortie peut être représenté par l'Équation (1):

$$U_{\text{out}} = I \cdot S_1 \left( 1 - e^{-t/t_{\text{sen}}} \right) \quad (1)$$

où

- $U_{\text{out}}$  est le signal de sortie, V;
- $S_1$  est la sensibilité primaire,  $\text{mV/W} \cdot \text{m}^{-2}$ ;
- $I$  est le flux thermique,  $\text{W/m}^2$ ;
- $t$  est le temps, s;
- $t_{\text{sen}}$  est la constante de temps du capteur, s.

Le temps de réponse d'un capteur donné est donc généralement indiqué par sa constante de temps. La constante de temps d'un fluxmètre thermique peut également être considérée comme le temps nécessaire pour atteindre 63 % de la réponse pleine-échelle (100 %).

La règle veut que la réponse pleine-échelle (99 %) soit atteinte dans un délai de 5 fois la constante de temps. En pratique, cela signifie qu'au bout de 5 fois la constante de temps, le temps de réponse n'est plus une source d'erreur significative.

Pour les jauges Gardon, munies d'un feuillet, le temps de réponse peut être approché par l'Équation (2):

$$t_{\text{sen}} = \rho \cdot c_p \cdot D^2 / 16\lambda \quad (2)$$

où

$t_{\text{sen}}$  est la constante de temps du capteur, s;

$\rho$  est la masse volumique du feuillet, kg/m<sup>3</sup>;

$c_p$  est la capacité thermique massique du feuillet, J/kg·K;

$D$  est le diamètre du feuillet, m;

$\lambda$  est la conductivité thermique du feuillet, W/m·K.

Pour les jauges Schmidt-Boelter, munies d'une thermopile, le temps de réponse peut être approché, selon la Référence [7], par l'Équation (3):

$$t_{\text{sen}} = \left(4 / \pi^2\right) \left(\rho \cdot c_p \cdot D^2 / \lambda\right) \quad (3)$$

où

$t_{\text{sen}}$  est la constante de temps du capteur, s;

$\rho$  est la masse volumique du capteur, kg/m<sup>3</sup>;

$c_p$  est la capacité thermique propre du capteur, J/kg·K;

$D$  est l'épaisseur du capteur, m;

$\lambda$  est la conductivité thermique du capteur, W/m·K.

La plupart des fluxmètres thermiques couramment utilisés pour les essais au feu ont une constante de temps d'environ 1 s ou inférieure. Par conséquent, les mesures de flux thermique dans les essais au feu dans des conditions quasi stationnaires peuvent être considérées comme instantanées.

Si le flux thermique est mesuré lors d'un phénomène très rapide tel qu'un embrasement ou une explosion, il peut être nécessaire de corriger les mesures de flux thermique à l'aide de la constante de temps.

#### 4.4.2 Plage de fonctionnement

En général, un type donné de fluxmètre thermique est conçu pour mesurer une certaine plage de flux thermique (sa plage de fonctionnement). En outre, le capteur a une certaine sensibilité et un temps de réponse spécifique pour atteindre un niveau déterminé de signal de sortie. La principale restriction est que la température de l'absorbeur soit maintenue dans des limites acceptables, de façon à éviter la destruction de la zone peinte et du capteur.